
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2005/2006

November 2005

EKC 342 – Kaedah Pengiraan Kejuruteraan Kimia

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM muka surat yang bercetak dan SATU muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Arahan: Jawab **EMPAT (4)** soalan. Jawab mana-mana **DUA (2)** soalan dari Bahagian A. Jawab mana-mana **DUA (2)** soalan dari Bahagian B.

Pelajar hendaklah menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia.

Bahagian A : Jawab mana-mana DUA soalan.

1. [a] Satu tangki yang bersaiz 12.5 m^3 sedang diisi dengan air pada kadar $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada ketika tangki mengandungi 1.2 m^3 air, kebocoran berlaku dan ia semakin merosot dengan masa. Kadar kebocoran boleh dianggap sebagai $0.0025t \text{ m}^3/\text{s}$, di mana t dalam unit saat adalah masa dari ketika kebocoran bermula.

- [i] Tuliskan persamaan keseimbangan jisim bagi tangki tersebut dan gunakan persamaan tersebut untuk mendapatkan ungkapan dV/dt , di mana V adalah isipadu air di dalam tangki tersebut pada bila-bila masa.

[4 markah]

- [ii] Selesaikan persamaan yang diperolehi daripada 1. [a] [i] menggunakan mana-mana kaedah pengiraan untuk mendapatkan isipadu air di dalam tangki pada $t = 50$ saat dengan saiz langkah 10 saat.

[9 markah]

- [b] [i] Dengan menggunakan Siri Taylor, terbitkan penghampiran beza terpusat $O(h^2)$ (centered difference approximation) yang boleh digunakan untuk meramalkan terbitan kedua bagi sesuatu fungsi.

[5 markah]

- [ii] Dengan menggunakan penghampiran yang diterbitkan dalam soalan 1.[b] [i], anggarkan nilai terbitan kedua bagi fungsi berikut:

$$f(x) = 25x^3 - 6x^2 + 7x - 88$$

Buat penilaian pada $x = 2$ dengan menggunakan saiz langkah $h = 0.2$. Bandingkan nilai anggaran dengan nilai sebenar terbitan kedua dan komen jawapan anda.

[7 markah]

2. [a] Di dalam Kejuruteraan Kimia, reaktor aliran palam (plug flow reactor) sering digunakan untuk menukarkan bahan tindakbalas kepada produk. Kecekapan proses penukaran tersebut kadang-kadang boleh ditingkatkan dengan mengitar (recycle) semula sebahagian daripada aliran produk, supaya kembali ke bahagian masukan untuk melalui reaktor sekali lagi. Nisbah edar semula (recycle ratio), R , ditakrifkan sebagai:

$$R = \frac{\text{isipadu cecair yang dikembalikan ke bahagian masukan}}{\text{isipadu cecair yang meninggalkan sistem}}$$

...3/-

Andaikan anda sedang memproses bahan tindakbalas A untuk menghasilkan produk B. Bagi kes di mana A membentuk B berdasarkan tindakbalas automangkin (auto-catalytic) (di mana salah satu produk bertindak sebagai mangkin atau perangsang bagi tindakbalas tersebut), boleh ditunjukkan bahawa nisbah edar semula yang optimum mesti memenuhi persamaan berikut:

$$\ln \frac{1 + R(1 - X_{Af})}{R(1 - X_{Af})} = \frac{R + 1}{R[1 + R(1 - X_{Af})]}$$

X_{Af} adalah pecahan bahan tindakbalas A yang telah ditukarkan kepada produk B. Diketahui bahawa nisbah edar semula yang optimum adalah sepadan dengan saiz reaktor yang minimum bagi mencapai tahap penukaran yang diinginkan. Gunakan kaedah Secant bagi menentukan nisbah edar semula yang diperlukan untuk meminimumkan saiz reaktor bagi pecahan penukaran $X_{Af} = 0.9$. Mulakan pengiraan dengan nilai anggaran awal $R_1 = 0.2$ dan $R_0 = 0.3$. Hentikan lelaran (iteration) apabila nilai mutlak bagi peratus ralat penghampiran relatif (approximate percent relative error), ϵ_a , kurang daripada 2.0%.

[12 markah]

- [b] Tuliskan satu program MATLAB untuk menentukan punca bagi persamaan berikut:

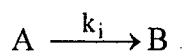
$$x = x^{1/5} + 4$$

dengan menggunakan kaedah pendakap (Bracketing). Program tersebut harus dituliskan di dalam m-file yang bertajuk 'Bracketing'. Program tersebut haruslah boleh melaksanakan tugas yang berikut:

- [i] Lelarkan punca bagi persamaan tersebut sehingga nilai mutlak bagi peratus ralat penghampiran relatif (ϵ_a) kurang atau sama dengan ralat had-terima (tolerance) (ϵ_s) sebanyak 0.005 %.
- [ii] Tamatkan program tersebut sekiranya nilai anggaran awal TIDAK mendakap punca sebenar.

[13 markah]

3. [a] Satu tindakbalas kimia berlaku di dalam empat reaktor aliran teraduk selanjara (CSTR) yang disusun secara bersiri seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S. 3 [a]. Tindakbalas kimia tersebut adalah tindakbalas tertib pertama tak berbalik bagi jenis berikut:



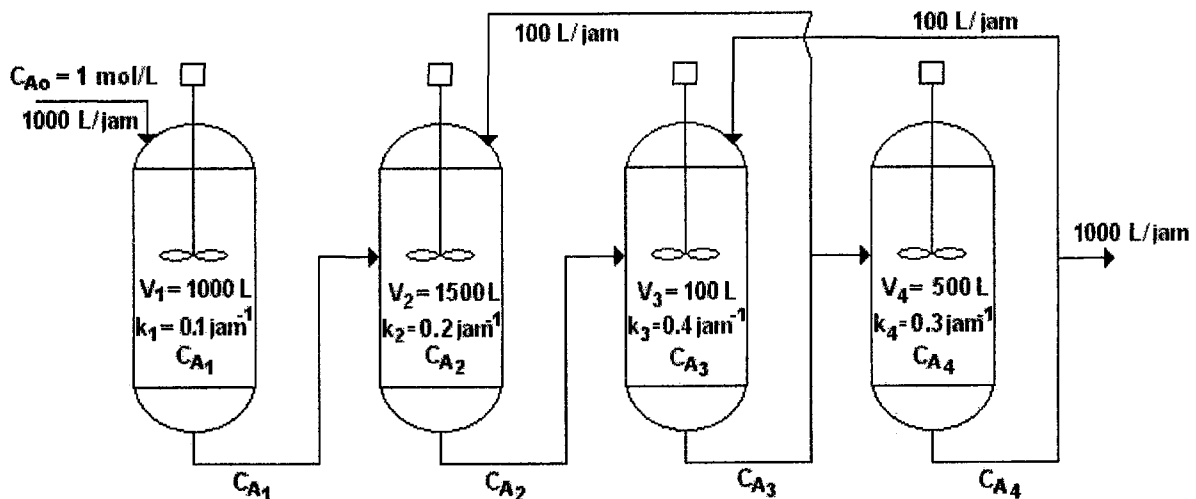
Syarat bagi suhu di dalam setiap reaktor ditetapkan agar nilai bagi pemalar kadar, k_i , adalah berbeza di dalam setiap reaktor. Selain daripada itu, isipadu cecair dalam setiap reaktor, V_i , juga adalah berbeza. Nilai bagi k_i dan V_i juga diberikan dalam Rajah S. 3 [a]. Andaian-andaian berikut boleh dibuat bagi sistem ini:

...4/-

- [i] Sistem adalah pada keadaan mantap (steady state)
- [ii] Tindakbalas adalah dalam fasa cecair
- [iii] Isipadu atau ketumpatan cecair tidak berubah
- [iv] Kadar penggunaan komponen A di dalam setiap reaktor adalah seperti berikut:

$$R_i = V_i k_i C_{Ai} \text{ (mol/jam)}$$

Laksanakan imbangan jisim terhadap komponen A bagi setiap reaktor tersebut dan tentukan kepekatan A (C_{Ai}) yang keluar daripada setiap reaktor dengan menggunakan kaedah pengiraan yang bersesuaian.



Rajah S.3 [a] : Reaktor Aliran Teraduk Selanjar Yang Bersiri

Nota: Sekiranya anda memilih kaedah Gauss-Seidel, gunakan semua nilai anggaran awal pada 0.5 mol/L. Hentikan lelaran apabila nilai mutlak bagi peratus ralat penghampiran relatif, ϵ_a , kurang daripada 0.5%.

[15 markah]

- [b] Kadar pertumbuhan spesifik, g , bagi yis yang menghasilkan antibiotik adalah bergantung kepada kepekatan makanan, c :

$$g = \frac{2c}{4 + 0.8c + c^2 + 0.2c^3}$$

...5/-

Keputusan eksperimen menunjukkan bahawa kadar pertumbuhan menghampiri sifar pada kepekatan yang sangat rendah disebabkan oleh kekurangan makanan dan juga pada kepekatan yang sangat tinggi disebabkan oleh kesan ketoksikan. Kira nilai kepekatan makanan, c , yang dapat menghasilkan kadar pertumbuhan yang maksimum dengan menggunakan kaedah penentu dalaman kuadratik (quadratic interpolation) dengan $c_0 = 1.0$, $c_1 = 1.5$ dan $c_2 = 2.0$. Gunakan 5 angka signifikan dalam semua pengiraan. Hentikan lelaran apabila nilai mutlak bagi peratus ralat penghampiran relatif, ϵ_a , kurang daripada 5%. Formula penentu dalaman kuadratik diberikan sebagai:

$$c_3 = \frac{f(c_0)(c_1^2 - c_2^2) + f(c_1)(c_2^2 - c_0^2) + f(c_2)(c_0^2 - c_1^2)}{2f(c_0)(c_1 - c_2) + 2f(c_1)(c_2 - c_0) + 2f(c_2)(c_0 - c_1)}$$

[10 markah]

Bahagian B : Jawab mana-mana DUA soalan.

4. Ketumpatan piawai bagi udara D , (selepas purata pengukuran dibuat) pada ketinggian berbeza, daripada aras laut h , sehingga ketinggian 33 km adalah seperti berikut:

h (km)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
D , (kg/m ³)	1.2	0.91	0.66	0.47	0.31	0.19	0.12	0.075	0.046	0.029	0.018	0.011

- [a] Plotkan graf berdasarkan data yang diberi di atas (ketumpatan adalah bergantung kepada ketinggian)

[i] Kedua-dua paksi dengan skala linear

[ii] h dengan paksi lagorithma dan D , dengan paksi linear

[iii] h dengan paksi linear dan D , dengan paksi logarithma

[12 markah]

- [b] Berdasarkan kepada graf yang telah diplotkan, pilih fungsi (linear, kuasa, eksponen atau logarithma) yang bersesuaian dengan data dan tentukan pekali-pekali berdasarkan graf tersebut.

[8 markah]

- [c] Plotkan graf berdasarkan fungsi dan titik data tersebut. Gunakan pekali-pekali yang ditentukan dari soalan 4 [b] dengan menggunakan paksi linear.

[5 markah]

...6/-

5. [a] Terbitkan aplikasi-berganda aturan Simpson 1/3

[8 markah]

- [b] Selesaikan masalah berikut dengan menggunakan kaedah Runge-Kutta tertib ke empat:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + 0.5 \frac{dy}{dx} - y = 0$$

di mana $y(0) = 4$ dan $\frac{dy}{dx} = 0$. Selesaikan persamaan tersebut dari $x = 0$ hingga 2.5 dan $h = 0.5$

[15 markah]

- [c] Terangkan cara anda menyelesaikan soalan [b] dengan menggunakan perisian MatlabTM.

[2 markah]

6. [a] Suatu proses termodinamik tekanan-isipadu bersuhu malar mempunyai data yang berikut:

Tekanan (kPa)	420	368	333	326	320	312	242	207
Isipadu (m ³)	0.5	2	3	4	6	8	10	11

Diketahui bahawa $W = \int p dV$

Di mana W adalah kerja, p ialah tekanan dan V ialah isipadu. Dengan menggunakan kombinasi aturan trapezoidal, aturan Simpson's 1/3, dan aturan Simpson 3/8, kirakan kerja dalam kJ (initial value problem) (kJ = kN.m)

[15 markah]

- [b] Untuk menyelesaikan masalah nilai awal bagi rumus berikut

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{x + e^y}$$

dengan $y(0) = 1$ secara berangka, pertamanya kamirkan sekali (dari x_i ke x_{i+1}) dengan menggunakan aturan trapezoidal dan seterusnya memberi penilaian hasil kamiran pada bahagian kanan. Cadangkan satu kaedah untuk menentukan y_{i+1} dari y_i . Dapatkan anggaran nilai $y(0.5)$ dalam satu langkah pengkamiran menggunakan kaedah tersebut

[10 markah]

Lampiran

Numerical Integration

$$I \cong (b-a) \frac{f(x_a) + f(x_b)}{2}$$

Trapezoidal rule

$$I \cong (b-a) \frac{f(x_0) + 4f(x_1) + f(x_2)}{6}$$

Simpson 1/3rd rule

$$I \cong (b-a) \frac{f(x_0) + 3f(x_1) + 3f(x_2) + f(x_3)}{8}$$

Simpson 3/8th rule

Numerical Differentiation

$$f'(x) = \frac{-f(x_{i+2}) + 4f(x_{i+1}) - 3f(x_i)}{2h}$$

Forward difference

$$f'(x) = \frac{3f(x_i) - 4f(x_{i-1}) + f(x_{i-2})}{2h}$$

Backward difference

$$f'(x) = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_{i-1})}{2h}$$

Central difference

for unequally spaced data,

$$f'(x) = f(x_{i-1}) \frac{2x - x_i - x_{i+1}}{(x_{i-1} - x_i)(x_{i-1} - x_{i+1})} + f(x_i) \frac{2x - x_{i-1} - x_{i+1}}{(x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})} + f(x_{i+1}) \frac{2x - x_{i-1} - x_i}{(x_{i+1} - x_{i-1})(x_{i+1} - x_i)}$$

RK Fourth Order Method

$$y_{i+1} = y_i + 1/6 (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) h$$

$$k_1 = f(x_i, y_i)$$

$$k_2 = f(x_i + 1/2 h, y_i + 1/2 k_1 h)$$

$$k_3 = f(x_i + 1/2 h, y_i + 1/2 k_2 h)$$

$$k_4 = f(x_i + h, y_i + k_3 h)$$

Newton Divide Difference Interpolating Polynomial Equation

$$f_n(x) = f(x_0) + (x-x_0) f(x_1, x_0) + (x-x_0)(x-x_1) f(x_2, x_1, x_0) + \dots + (x-x_0)(x-x_1) \dots \dots \dots (x-x_{n-1}) f(x_n, x_{n-1}, \dots, x_0)$$